

© САЦКЕВИЧ Д.Г., 2004

ИСТОРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МЕТАЛЛООСТЕОСИНТЕЗА ГРУДНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА

САЦКЕВИЧ Д.Г.

Белорусский НИИ травматологии и ортопедии, г. Минск

Резюме. История остеосинтеза позвоночника прошла долгий путь от самых простых способов проволочной фиксации до современных технологий внутрителовой винтовой стабилизации. Как следствие, в настоящее время транспедикулярная методика рассматривается как стандарт дорсального металлоостеосинтеза поясничного отдела позвоночника. Технология экстрапедикулярной винтовой фиксации, предложенная в эксперименте в 1993 г. М. Dvorak и применяющаяся с 1995 года в клинике БелНИИТО, может являться альтернативной методикой стабилизации при повреждениях грудного отдела позвоночника.

Ключевые слова: грудной отдел позвоночника, транспедикулярная винтовая фиксация, экстрапедикулярная винтовая фиксация.

Abstract. The history of the osteosynthesis of the thoracic spine has gone through the long way from the most primitive ways of the wire fixation to the modern technology of the internal body screw stabilization. As a result the transpedicular screw fixation is regarded at present time as a standard procedure of the dorsal metallosteosynthesis of the thoracic spine. The technology of the extrapedicular screw fixation, that was experimentally developed by M. Dvorak in 1993 and since 1995 applied in a clinic of BelNIITO can be an alternative method of stabilization of the thoracic spine injuries.

Проблема лечения пострадавших с нестабильными повреждениями позвоночника остается актуальной до настоящего времени. Повышенный интерес нейрохирургов к указанной патологии обусловлен прежде всего недостаточной эффективностью традиционных методов лечения и связанными с этим значительными экономическими затратами (длительность стационарного лечения, большие сроки временной нетрудоспособности и тяжесть инвалидности пострадавших).

Повреждения грудного отдела, по литературным источникам, составляют 15-40% от всех травм позвоночного столба [1,3,7]. При этом преобладают перелома-вывихи и оскольчатые переломы тел позвонков, сочетающиеся с повреждением спинного мозга в различной степени у 70-80% пострадавших. Для данной категории больных характерны парезы и параличи нижних конечностей, а также грубые вегетативные и трофические нарушения в виде про-

лежней и тяжелых расстройств функций тазовых органов, являющихся источником септических состояний.

Первоочередной задачей лечения больных с нестабильными повреждениями грудного отдела является своевременная и полноценная декомпрессия спинного мозга и восстановление опорности позвоночника с целью ранней активизации больных в послеоперационном периоде и улучшения качества их жизни.

До середины XIX века преобладали консервативные методы лечения повреждений позвоночника. Высокая частота неудовлетворительных результатов (до 60 %), тяжелые гипостатические осложнения и длительные сроки лечения способствовали развитию вертебральной хирургии и поиску эффективных методов оперативных вмешательств.

Известно, что вертебрология находится на стыке двух специальностей – нейрохирургии и травматологии. Поэтому в комплексе полноценного хирургического лечения пострадавших с травмой позвоночника должны присутствовать декомпрессионный (устранение компрессии

Адрес для корреспонденции: 220024, г. Минск, БелНИИТО, нейрохирургическое отделение №1 - Сацкевич Д.Г., тел. 278-10-38

спинного мозга, восстановление ликвородинамики), репозиционный (восстановление правильных анатомических взаимоотношений в поврежденных сегментах) и стабилизационный этапы (создание возможности для формирования полноценного костного блока с использованием различных конструкций и имплантатов). На протяжении уже более 100 лет продолжается поиск эффективных технологий металлоосстеосинтеза поврежденного отдела позвоночника.

В зависимости от типа и характера применяемых конструкций можно выделить следующие этапы развития дорсального металлоосстеосинтеза позвоночника:

1. Фиксация проволокой;
2. Фиксация металлическими стяжками;
3. Фиксация металлическими пластинами;
4. Фиксация дистракторами, контракторами;
5. Транспедикулярная винтовая фиксация.

Внутренняя дорсальная фиксация проволокой

В 1886 году В. Wilkins впервые фиксировал серебряной проволокой остистые отростки двух позвонков (Th_{12} и L_1) при лечении вывиха одного из них у ребенка 6 дневного возраста [6]. Затем, в 1891 году, В. Hadra успешно применил шов остистых отростков при переломе в шейном отделе позвоночника. В 1895 году А. Chipault предложил связывать дужки позвонков восьмьюобразными проволоочными швами [6]. Однако дальнейшие попытки применения металлической проволоки как средства фиксации заканчивались неудачно: отмечалась высокая частота нагноений послеоперационной раны. Причины стали ясны позднее, когда были определены требования к качеству имплантируемых конструкций.

В 1942 году А. William и М. Rogers впервые применили проволоочный шов через отверстия в остистых отростках смежных позвонков с благоприятным исходом лечения [12]. В 1952 году V. Novak предложил связывать остистый отросток поврежденного позвонка с поперечными отростками вышележащего [14]. В связи с тем, что проволоочная фиксация является относительно простым способом оперативного лечения, она получает широкое распространение и применяется до настоящего времени вне-

которых клиниках. Модификации ее различны: от двойных петель и цепи до пружин N. Weiss с динамической фиксацией, металла «с памятью формы». Методика спондилодеза постепенно развивается в сторону усложнения способов проведения проволоки и количества фиксируемых сегментов.

Однако применение проволоочного шва при лечении нестабильных повреждений позвоночника часто приводило к резорбции костной ткани, прорезыванию проволоки и ее миграции, наблюдался высокий процент нагноений. С целью устранения этих недостатков производились попытки заменить ее лавсановой или полимерной лентой, которая также не обеспечивала необходимую стабильность, особенно в грудном и поясничном отделах позвоночника. Указанные обстоятельства ограничили применение проволоочной фиксации только в шейном отделе при вывихах и подвывихах позвонков.

Внутренняя дорсальная фиксация металлическими стяжками

В 1959 году F. Zadik впервые применил в клинической практике фиксатор-стяжку, состоящую из двух Г-образных крючков, соединенных в виде рамы [22]. Использование данного устройства позволило перераспределить нагрузку на поврежденный позвонок вследствие создаваемой компрессии задних его структур. В 1960 году G. Weisflog предложил более простой фиксатор, состоящий из одного резьбового стержня с двумя крючками, однако имплантат остался таким же массивным [22]. В 1961 году Э.А. Рамих разработал более простую конструкцию стяжки и совместно с Я.Л. Цивьяном (1961 – 1976) провел клиническую апробацию указанного фиксатора, состоящего из двух крючков с разноименной резьбой и втулки, вращением которой достигалась необходимая компрессия (рис. 1) [8]. Первые положительные результаты послужили основанием для разработки и внедрения в клиническую практику других усовершенствованных стяжек, в том числе с использованием не только остистых отростков, но и дужек позвонков (С.С. Ткаченко (1968), М.Ф. Дуров (1973), Г.Д. Никитин (1973), М.Я. Богданович (1976), Е.А. Давыдов (1996)).

Однако впоследствии выяснилось, что при использовании стяжек в грудном отделе позвоночника часто происходило соскальзыва-

ние крючков с верхних остистых отростков и раскручивание втулок. Прошивание втулки и усиление фиксации верхнего крючка с помощью шпонки, проведенной поперечно через отверстие в остистом отростке, также не позволили получить необходимую стабильность. В результате применения фиксаторов-стяжек при нестабильных переломах позвоночника часто отсутствовала возможность восстановления правильных анатомических взаимоотношений в поврежденных сегментах, как следствие – полноценной реконструкции позвоночного канала.

А использование их после выполненной ламинэктомии было чревато усугублением неврологической симптоматики. В связи с чем, дальнейшее клиническое применение стяжек было ограничено только хирургическим лечением компрессионных переломов, что позволяло рано активизировать больных.

Внутренняя дорсальная фиксация металлическими пластинами

Впервые дорсальный металлоостеосинтез пластинами был осуществлен F. Holdsworth и H. Hardy в 1953 году [6,20]. С этой целью были использованы параллельные пластины, прикрепленные винтами к остистым отросткам позвонков. В 1954 году аналогичную фиксацию выполнил C. Cullen, а в 1956 году – M. Howorth [6,20]. В 1966 году впервые в России остеосинтез пластинами провел А.В. Каплан. В дальнейшем, в течение нескольких десятков лет наблюдалось массовое увлечение применением параллельных пластин при металлоостеосинтезе позвоночника. Было предложено несколько их разновидностей, в том числе с использованием вместо пластин длинных стержней: пластины Вильсона-Каплана (ЦИТО, 1963) [5], пластины Харьковского НИИОТ тип №1 и №2 (1977, 1979) [1], реечные фиксаторы (1988), стержни E. Luque (1980), упругие стержни ЦИТО (1986), стержневая система А.К. Дулаева (1994) [2], пластины БелНИИТО (рис. 1).

К наиболее существенным недостаткам указанных конструкций можно отнести невысокую жесткость фиксации поврежденных сегментов, а также низкие репозиционные возможности. Вследствие значительной длины имплан-

тата возникает необходимость в больших кожных разрезах, и как следствие – фиксации значительного числа позвоночных сегментов. В результате костной резорбции вокруг винтизм прогрессированием травматической деформации позвоночника. Данная технология металлоостеосинтеза требует длительного постельного режима в послеоперационном периоде (до 2 – 3 месяцев) с обязательным использованием в дальнейшем гипсовых или жестких корсетов до 6-8 месяцев.

Дорсальная фиксация контракторами и дистракторами

Стремление вертебрологов к созданию более жестких фиксаторов и возможности производить необходимую интраоперационную репозицию поврежденных позвоночных сегментов послужили стимулом к разработке особой группы имплантатов: контракторов и дистракторов. Контракторы создают напряжения сжатия в заднем опорном комплексе. Они противодействуют растягивающим усилиям, но не сопротивляются сжимающим и ротационным. К ним относятся: контракторы Harrington (1978) [12], Г.П. Салдуна, БелНИИТО «Медбиотех» [4] и др.

Дистракторы – стержневые конструкции, создающие растягивающие усилия в заднем опорном комплексе, но не препятствуют растягивающим и ротационным напряжениям. Наиболее распространены дистракторы Harrington (1962) [12], А.И. Казьмина (1970), С.Д. Шевченко (1975), Jacobs (1984), Н.М. Ястребкова (1987), БелНИИТО «Медбиотех» и др. (рис. 1).

Однако при использовании указанных систем сохраняются недостатки, характерные для всех металлических конструкций, фиксирующих только задний опорный комплекс позвоночника: отсутствие должной жесткости стабилизации, необходимость блокировки нескольких двигательных сегментов, длительный постельный режим в послеоперационном периоде. Более того, технология предусматривает установку элементов имплантата в позвоночный канал, что нежелательно в грудном отделе позвоночника. Относительным недостатком также является невозможность выполнения МРТ исследования после операции с целью контроля выполненной декомпрессии и определения состояния

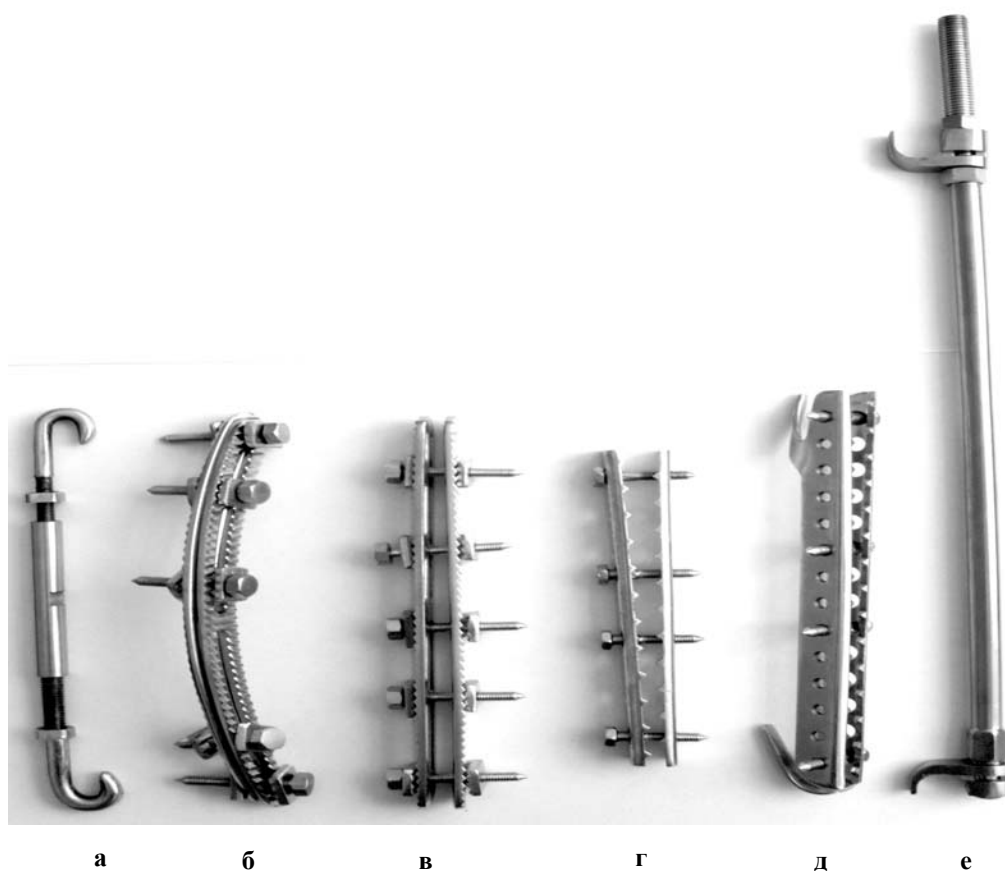


Рис. 1. Различные типы фиксаторов заднего опорного комплекса позвоночника:

а. стяжка Цивьяна-Рамиха; б. изогнутые пластины ЦИТО (Вильсона-Каплана); в. прямые пластины ЦИТО (Вильсона-Каплана); г. пластины ХНИИОТ № 1; д. пластины ХНИИОТ № 2; е. дистрактор типа Харрингтона.

спинного мозга из-за выраженных артефактов от металла.

Внутренняя дорсальная транспедикулярная фиксация

Интенсивное развитие вертебрологии с середины 50-х годов XX века и формирование новых направлений хирургических технологий способствовали созданию оптимальных принципов дорсального металлоостеосинтеза позвоночника, включающих:

- трехплоскостную интраоперационную репозицию,
- жесткую фиксацию только повреждённых сегментов,
- биосовместимость имплантата с тканями человека,

- возможность выполнения МРТ исследования после операции,
- раннюю активизацию пациента в послеоперационном периоде,
- минимальное использование внешней иммобилизации.

Указанные принципы хирургического лечения повреждений и заболеваний позвоночника позволили реализовать технологию дорсальной транспедикулярной фиксации (ТПФ).

Впервые в 1959 году Н. Boucher описал методику дорсального спондилодеза пояснично-крестцового отдела позвоночника с применением длинных винтов, введенных через корни дуг в тела позвонков [9]. Однако его заслуга объяснялась случайным прохождением через

фасетку сустава более длинного винта, вводимого по методике D. King (1944) [15]. Основоположником ТПФ признан французский ортопед R. Roy-Camille, который в 1963 году пред-

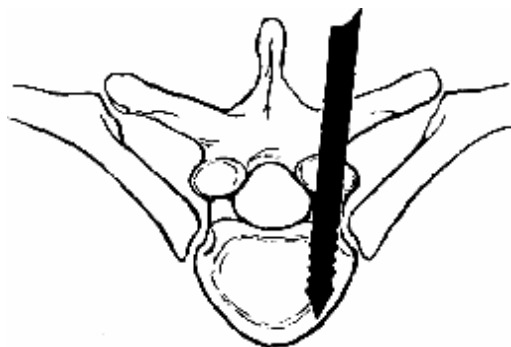


Рис. 2. Транспедикулярное (через корень дуги) введение винта по Roy-Camille.

ложил использовать для остеосинтеза позвоночника моделируемые пластины с транспедикулярными винтами (рис. 2) [19]. В последующем им были установлены оптимальные параметры введения внутрителовых винтов на разных уровнях позвоночника. Р. Harrington и Н. Tullos первыми в США описали клиническое применение ТПФ при спондилолистезе в 1967 году [12]. В 1970 году F. Magerl и F. Schapfer предложили технологию наружной ТПФ, позволяющую выполнять поэтапную репозицию позвонков с помощью выносных узлов фиксатора в течение некоторого времени после операции [17]. Однако использование данного метода связано с риском инфекционных осложнений и проблемной курацией пациентов. W. Dick в 1982 году впервые в клинической практике применил внутренний транспедикулярный имплантат [10]. Дальнейшие этапы развития ТПФ характеризовались разработкой и внедрением в клиническую практику множества фиксаторов с различными техническими решениями узлов имплантата.

Однако использование стандартной ТПФ в грудном отделе позвоночника характеризуется определенным риском повреждения сосудисто-нервных образований. В первую очередь это связано с небольшим поперечным диаметром корней дуг в этом отделе (часто меньше 5 мм), а также с отсутствием резервного пространства между костными структурами позвоночного канала и оболочками спинного мозга, что

исключает возможность ошибок при введении транспедикулярных винтов. Особые опасения у хирургов вызывает близкое расположение к вентральной пластинке тела позвонка крупных сосудов.

Некоторыми авторами были проведены анатомические исследования безопасности стандартной ТПФ по методике Roy-Camille в грудном отделе позвоночника. Так, А. Vassago и др. в результате анализа точности расположения транспедикулярных винтов (диаметр 5 мм), введенных 5 опытными хирургами, описали 41% повреждений стенок корней дуг, даже при том, что было проведено тщательное КТ(компьютерно-томографическое) планирование зоны предстоящей операции [21]. Более того, 2 из 5 хирургов, принимавших участие в этом исследовании, неправильно установили 78 % от всех введенных ими винтов. G. Cinotti и др. в своей работе отметили 35 % повреждений стенок корней дуг в грудном отделе позвоночника [13]. Они также обратили внимание на опасность повреждения паравerteбральных сосудов при установке транспедикулярных винтов в нижнегрудном отделе в связи с возможным латеральным наклоном корней дуг.

Определенный интерес вызывают исследования о транспедикулярном введении винтов в грудном отделе позвоночника при сколиозе. Так, U. Liljenqvist с соавторами описали 25 % неправильно установленных винтов и 18 % случаев повреждения стенок корней дуг [16]. Они же отметили, что у больных с идиопатическим сколиозом отсутствует зона «безопасного» повреждения внутренней стенки корня дуги (от 0 до 4 мм). Тем не менее, исследователи отрицали неврологические осложнения при неправильной установке транспедикулярных винтов в своем наблюдении. Авторы также провели сравнительный анализ коррекции дуги деформации позвоночника с использованием крючков и винтов. И определили, что применение ТПФ в грудном отделе позволяет исправить деформацию на 59,2 % против 52,5 % в случае установки крючковых систем.

С целью уменьшения частоты неправильной установки винтов при ТПФ был разработан стереотаксический навигационный хирургический комплекс, позволяющий во время операции контролировать продвижение винта в др.,

использование указанной технологии снизило частоту повреждения стенок корней дуг в грудном отделе позвоночника с 50 % до 4 % [24]. А. Youkilis с соавторами произвели установку 266 винтов диаметром 4,5 мм в грудной отдел позвоночника у 65 пациентов [24]. И получили следующую частоту повреждения стенок корней дуг: в верхнегрудном отделе 8,8 %, в среднегрудном – 16,7 %, в нижнегрудном – 5,6 %. Однако необходимо отметить весьма небольшой диаметр винтов, используемых в описанных исследованиях, – 4,5 мм, что значительно увеличивает риск их переломов в процессе клинического применения. Широкое распространение данной компьютерной технологии ограничено высокой стоимостью.

Учитывая описанные ограничения безопасного применения стандартной транспедикулярной технологии в грудном отделе позвоночника, различные хирурги предложили собственные пути решения.

Так, М. Аebi и др. предлагают использовать винтовую фиксацию не выше Th₈ [23]. В случаях необходимости стабилизации верхне- и среднегрудного отделов они рекомендуют применение крючковых систем. Другие исследователи предлагают использовать проволоку, стержни или пластины. Недостатки конструкций, фиксирующих только задний опорный комплекс, общеизвестны и описаны ранее: необоснованное увеличение зоны стабилизации за счет неповрежденных сегментов, снижение жесткости фиксации, риск повреждения спинного мозга при установке ламинарных крючков в связи с малым резервным пространством между костными и внутриканальными структурами. Био-

механические исследования U. Liljenqvist и др. доказали эффективность ТПФ в сравнении с другими методиками дорсального металлоостеосинтеза грудного отдела позвоночника [16].

Некоторые авторы сообщают об успешном применении транспедикулярных винтов 4,5 – 5 мм в диаметре, которые, по нашему мнению, не обеспечивают необходимую стабильность. Более того, использование винтов малых диаметров снижает ценность технологии Roy-Camille вследствие повышенной вероятности их переломов.

R. Xu и др., модифицировали стандартную методику Roy-Camille, предложив проводить установку транспедикулярных винтов (диаметром 4 мм) в грудном отделе позвоночника под визуальным контролем после частичной ламинэктомии («open lamina»). Им удалось уменьшить частоту повреждения стенок корня дуги с 54,7% (по Roy-Camille) до 15,9% (по своей методике) [23].

Известны также альтернативные варианты фиксации грудного отдела позвоночника. Так, R. Xu и др. в 2000 г. экспериментально обосновали методику, при которой винты вводятся через реберно-поперечные сочленения выше и ниже места повреждения, без установки их в тело позвонка (рис. 3). Однако сравнительные биомеханические испытания, проведенные J. Heller и др., показали значительные преимущества ТПФ. В связи с чем, дальнейшей клинической апробации данной технологии не проводилось.

Таким образом, абсолютно безопасной и в полной мере эффективной методики дорсальной стабилизации грудного отдела позвоноч-

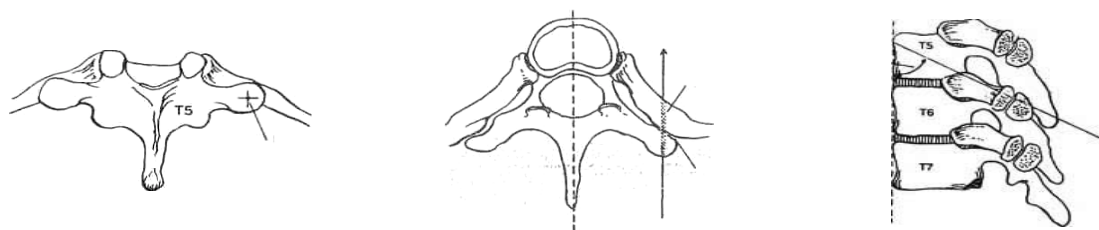


Рис. 3. Реберно-поперечная винтовая фиксация (Иллюстрация из *Anatomic consideration of costotransverse screw placement in the thoracic spine*. R. Xu, N.A. Ebraheim, Y. Ou e. a. // *Surg. Neurol.* – 2000. – Vol. 53, № 4. – P. 349 – 354).

ника не существует до настоящего времени. Главные недостатки ТПФ (риск повреждения спинного мозга и крупных сосудов), а также описанных традиционных способов остеосинтеза (необоснованное увеличение зоны стабилизации за счет неповрежденных сегментов, снижение жесткости фиксации) способствовали дальнейшей разработке более безопасной хирургической техники.

В 1993 г. канадский хирург М. Dvorak и др. экспериментально обосновали новую экстрапедикулярную методику введения винтов в грудном отделе позвоночника [11].

Точка введения определялась как самая латеральная часть поперечного отростка. Затем винт вводился через реберно-поперечное и реберно-позвоночное сочленение в тело позвонка (рис. 4).

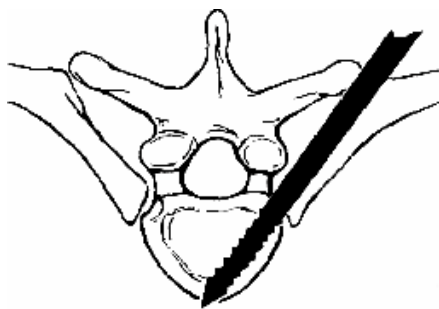


Рис. 4. Экстрапедикулярное введение винта по методике Dvorak.

При использовании этой техники винт находится на большем расстоянии от позвоночного канала и фиксируется в 3-4 кортикальных пластинках и губчатой кости тела позвонка, чем достигается увеличение зоны контакта винта с костью. К преимуществам описанной технологии можно отнести усиление стабильности винта в кости, возможность применения винтов необходимых параметров независимо от размеров и расположения корня дуги и уменьшение вероятности повреждения нервных структур. Недостаток этой методики связан с вовлечением в фиксацию реберно-поперечного и реберно-позвоночного сочленений.

В 1993 году М. Dvorak и др. впервые провели сравнительный анализ силы, затраченной на вырывание винтов диаметром 6 мм, при транспедикулярной и экстрапедикулярной ус-

тановке [11]. По их данным, средняя сила, необходимая для извлечения экстрапедикулярного винта в 2 раза больше, чем транспедикулярного. Указанные различия были особенно заметны в остеопоротичной кости, что имеет большое клиническое значение.

Швейцарские исследователи W. Morgenstern, S. Ferguson и др. в 2003 году провели комплексные экспериментальные биомеханические испытания для сравнения транспедикулярного и экстрапедикулярного расположения винтов [18]. В работе использовались грудные отделы позвоночника, извлеченные едиными блоками (с сохранением связочного аппарата) из 12 человеческих трупов. Спинальные системы USS (Universal Spine System) применялись в 6 образцах по транспедикулярной технологии (Roy-Camille), в других 6 – по экстрапедикулярной (Dvorak). В результате изучения двигательных моментов в 3 плоскостях (сгибание-разгибание, двухсторонней ротации и боковых наклонов) было установлено, что между сравниваемыми технологиями не имеется статистически достоверных различий в отношении прочности фиксации. Вследствие чего, авторы рекомендуют применение экстрапедикулярной техники введения винтов в клинической практике.

D. Husted и др. в 2003 году провели анатомическую и рентгенологическую оценку экстрапедикулярной винтовой фиксации грудного отдела позвоночника [13]. В работе использовались 2 человеческих трупа, позвоночники которых не имели травматической, ортопедической или дегенеративной патологии. В тела Th₃ – Th₁₀ экстрапедикулярно были введены 6 мм винты Synthes (USS). В результате ни один из винтов не проник в позвоночный канал, не наблюдалось, также повреждения плевры и паравerteбральных сосудов. Авторы сообщили о начале клинической апробации данной методики.

Следует отметить, что описанная экстрапедикулярная технология дорсальной винтовой фиксации успешно применяется в клинической практике Республиканского центра спинальной травмы БелНИИТО с 1995 года. Было установлено, что данная методика позволяет проводить все этапы хирургического вмешательства, не уступая общепризнанной технологии транспе-

дикулярного металлоостеосинтеза, и характеризуется при этом невысоким риском повреждения близлежащих жизненно-важных образований.

Таким образом, история остеосинтеза позвоночника прошла долгий путь от самых простых способов проволоочной фиксации до современных технологий внутрителовой винтовой стабилизации. В результате анализа основных этапов и направлений развития металлоостеосинтеза позвоночника установлено наиболее перспективное направление – хирургическая технология внутренней ТПФ на основе стержневых моделируемых универсальных имплантатов [4]. Как следствие, в настоящее время ТПФ рассматривается как стандарт дорсального металлоостеосинтеза поясничного отдела позвоночника, в то же время продолжается поиск более безопасной методики дорсальной фиксации грудного отдела позвоночника.

Список литературы

- Берснев В.П., Давыдов Е.А., Кондаков Е.Н. Хирургия позвоночника, спинного мозга и периферических нервов: Руководство для врачей. – Санкт-Петербург: Изд-во «Специальная Литература», 1998. – 368 с.
- Дулаев А.К., Шаповалов В.М., Гайдар Б.В. Закрытые повреждения позвоночника грудной и поясничной локализации. – Санкт-Петербург: МОРСАР АВ, 2000. – 144 с.
- Корнилов Н.В., Усиков В.Д. Повреждения позвоночника. Тактика хирургического лечения. – Санкт-Петербург: МОРСАР АВ, 2000. – 232 с.
- Макаревич С.В. Спондилодез универсальным фиксатором грудного и поясничного отделов позвоночника: Пособие для врачей. – Минск: Изд-во ЗАО «Юнипак», 2001. – 80с.
- Минасов Б.Ш., Халиков В.А., Файрузова Л.М. Диагностика и хирургическое лечение нестабильных осложненных повреждений грудного и пояснично-гоуделов позвоночника. – Уфа: Изд-во «АДИ», 1998. – 166 с.
- Никитин Г.Д., Салдун Г.П., Корнилов Н.В. и др. Костная и металлическая фиксация позвоночника при заболеваниях, травмах и их последствиях – Санкт-Петербург: Изд-во «Русская графика», 1998. – 448 с.
- Полищук Н.Е., Корж Н.А., Фищенко В.Я. Повреждения позвоночника и спинного мозга. – Киев: Изд-во «Книга плюс», 2001. – 388 с.
- Цивьян Я.Л. Хирургия позвоночника. – М.: Медицина, 1990. – 115 с.
- Boucher H.H. A Method of Spinal Fusion // J. Bone Joint Surg. [Am] – 1959. – Vol. 41-B, № 2. – P. 248 - 259.
- Dick W. The «Fixatuer Interne» as a Versatile Implant for Spine Surgery // Spine. – 1987. – Vol. 12, № 9. – P. 882 - 900.
- Dvorak M., MacDonald S., Gurr K.R. e. a. An anatomic, radiographic, and biomechanical assessment at extrapedicular screw fixation in the thoracic spine. // Spine. – 1993. – Vol. 18, № 12. – P. 1689 - 1694.
- Hall J.E. Spinal Surgery Before and After Paul Harrington // Spine. – 1998. – Vol. 23, № 12. – P. 1356 - 1361.
- Husted D.S., Yue J.J., Fairchild T.A., Haims A.H. An extrapedicular approach to the placement of screws in the thoracic spine: an anatomic and radiographic assessment. / Spine. – 2003. – Vol. 28, № 20. – P. 2324 - 2330.
- Kabins M.B., Weinstein J.N. The History of Vertebral Screw and Pedicle Screw Fixation // The Iowa Orthopaedic Journal. – 1991. – Vol. 11. – P. 127 - 136.
- King D. Internal Fixation for Lumbosacral Fusion // J. Bone Joint Surg. [Am] – 1948. – Vol. 30-A. – P. 560 - 565.
- Liljenqvist U.R., Halm H.F.H., Link T.M. Pedicle Screw Instrumentation of the Thoracic Spine in Idiopathic Scoliosis // Spine. – 1997. – Vol. 22, № 19. – P. 2239 - 2245.
- Magerl F. Stabilization of the Lower Thoracic and the Lumbar Spine with External Skeletal Fixation // Clinical Orthopaedics and Related Research. – 1984. – № 189. – P. 125 - 141.
- Morgenstern W., Ferguson S.J., Berey S. e. a. Posterior thoracic extrapedicular fixation: a biomechanical study. // Spine. – 2003. – Vol. 28, № 16. – P. 1829 - 1835.
- Roy-Camille R., Saillant G., Mazel C. Internal Fixation of the Lumbar Spine with Pedicle Screw Plating // Clin. Orthop. – 1986. – Vol. 2, № 203. – P. 7 - 17.
- Steffee A.D., Bicsup R.S., Sitkowski D.J. Segmental Spine Plates with Pedicle Screw Fixation. A New Internal Fixation Device for Disorders of the Lumbar and Thoracolumbar Spine // Clinical Orthopaedics and Related Research. – 1986. – Vol. 2, № 203. – P. 45 - 53.

Поступила 08.11.2004 г.
Принята в печать 09.12.2004 г.